



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ИСТОК» ИМЕНИ А.И.ШОКИНА»  
(АО «НПП «Исток» им. Шокина)

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель генерального директора –  
директор по научной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Щербаков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Уровень высшего образования

**Подготовка кадров высшей квалификации**

Научная специальность

**2.2.2. Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники,  
квантовых устройств**

Фрязино 2022

## **1. Форма проведения и структура вступительного испытания**

Форма проведения испытания: устная. Язык – русский. Вступительное испытание проводится по билетам.

1-й и 2-й вопросы билета - вопросы, оценивающие подготовку по теоретическим основам электронной компонентной базы микро- и наноэлектроники, квантовых устройств;

3-й вопрос билета - собеседование по предполагаемой теме диссертационного исследования.

Время подготовки к устному ответу – до 45 минут. Вступительное испытание оформляется протоколом, в котором фиксируются вопросы к поступающему.

## **2. Перечень вопросов, оценивающих теоретическую подготовку (1-й и 2-й вопросы билета)**

### ***Физика полупроводников***

Природа химической связи в полупроводниках. Структура кристаллов. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Свойства основных монокристаллических материалов микроэлектроники: Si, GaAs, Ge.

Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Эффективная масса электрона. Собственные и примесные полупроводники. Роль донорных и акцепторных примесей.

Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах.

Температурные зависимости. Распределение Больцмана. Вырожденные и невырожденные полупроводники.

Рекомбинация носителей. Рекомбинация «зона-зона» и рекомбинация через примеси и дефекты. Теория рекомбинации Шокли-Рида. Диффузионная длина и время жизни носителей. Поверхностная рекомбинация.

Электропроводность полупроводников. Носители заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Носители заряда в сильном электрическом поле.

Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона.

Электронно-дырочный (p-n) переход. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика p-n перехода. Пробой p-n перехода: тепловой, лавинный, туннельный.

Гетеропереходы. Контакт металл-полупроводник. Омический и выпрямляющий переходы Шоттки. Эффект Холла.

Поглощение излучения в полупроводниках. Собственное и примесное поглощение излучения.

Эффекты излучения в полупроводниках. Прямые и не прямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: инжекционная, катодо- и фотолюминесценция.

### ***Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники***

Полупроводниковые диоды. Основные параметры и характеристики диодов. Эквивалентные схемы.

Выпрямительные диоды. Варикапы. Стабилитроны. Туннельные диоды. Лавинно-пролетные диоды. Диоды Шоттки. Диоды Ганна. Диоды для СВЧ.

Биполярные транзисторы. Структура и принцип действия. Шумы в транзисторах. Мощные транзисторы. СВЧ транзисторы.

Полевые транзисторы МДП, с р-п переходом и с барьером Шоттки. Принцип действия. Модуляция глубины канала. Основные параметры и характеристики полевых транзисторов.

Интегральные микросхемы. Элементы ИС: транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы в составе ИС. Цифровые и аналоговые ИС. Полупроводниковые ЗУ и микропроцессоры.

Приборы с зарядовой связью. Принцип действия, области применения.

Оптоэлектронные приборы. Назначение и области применения. Фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы, лавинные фотодиоды.

Моделирование как основа проектирования приборов твердотельной электроники.

### ***Технологические процессы в производстве полупроводниковых приборов и интегральных микросхем***

Определение кристаллографической ориентации полупроводников. Химическое травление и химическая полировка.

Планарная технология. Основные представления. Основные уравнения диффузии.

Методы получения электронных и ионных пучков. Ионное легирование. Плазмохимические и ионно-плазменные методы обработки полупроводниковых, диэлектрических и металлических слоев.

Эпитаксия. Методы эпитаксиального выращивания Si.

Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме. Ионно-плазменное распыление. Фотолитография. Проекционная фотолитография, электроннолучевая литография и рентгенолитография. Фотошаблоны и их изготовление.

Тенденция развития планарной технологии. Субмикронная технология.

Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

### **3. Примерный перечень вопросов для подготовки к собеседованию по предполагаемой теме диссертационного исследования (3-й вопрос билета)**

1. Обоснуйте выбор темы исследования.
2. Обоснуйте актуальность, научную новизну исследования.
3. Очертите область исследования, объект и предмет исследования.
4. Каковы основные цели и задачи исследования.
5. Обоснуйте, решались ли выбранные задачи ранее. Если решались, то, кем или какими научными школами, какие результаты были получены. Почему вы считаете, что остались «белые пятна» и именно Вы знаете, как их устранить.
6. Изложите собственное видение рассматриваемой проблемы и пути решения задачи (при этом отразите методологическую основу будущего исследования - какие конкретные методы и инструментальные средства из научного арсенала предполагается использовать при решении задачи).
7. Оцените состояние работы на сегодняшний день (уровень задела).
8. Обозначьте ожидаемые результаты исследования, их потенциальную востребованность и экономическую эффективность в случае практического использования.

#### **4. Оценка уровня знаний (баллы)**

Итоговая оценка выставляется по пятибалльной шкале. **Поступающие, получившие менее 4 баллов, к дальнейшему участию в конкурсе не допускаются.**

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы, оценка</i>
Ответы на поставленные вопросы полные и исчерпывающие, без замечаний; продемонстрировано глубокое знание теоретической части курса	5 (отлично)
Ответы полные, с незначительными ошибками, указывающие на наличие несистематичности либо пробелы в знаниях; если поступающий допускает неточности, то при помощи вспомогательных вопросов экзаменатора исправляет свои ошибки	4 (хорошо)
Ответы не полные, со значительными замечаниями, допущены существенные ошибки при ответе на вопросы членов экзаменационной комиссии	3 (удовлетворительно)
Поступающий показал существенные пробелы в знаниях основных положений теории, не ответил на ряд вопросов членов экзаменационной комиссии	2 (неудовлетворительно)

#### **Библиографический список**

1. Троян, П. Е. Твердотельная электроника: учебное пособие / П. Е. Троян. — Москва: ТУСУР, 2008. — 330 с.
2. Колосницын Б.С. Мощные и СВЧ полупроводниковые приборы. Мн.: БГУИР, 2008. – 143 с.
3. Колосницын Б.С. Электронные приборы на основе полупроводниковых соединений. – Мн.: БГУИР, 2006 г. – 102 с.

4. Химическая обработка и технологии интегральных микросхем / В.П. Василевич, А.М. Кисель, А.Б. Медведева, В.И. Плебанович, Ю.А. Родионов. – Полоцк: ПГУ, 2001. – 260 с.
5. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина Е.А. Нанoeлектроника. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
6. Borisenko V.E., Ossicini S. What is What in the Nanoworld (Wiley-VCH, Weinheim, 2004).
7. Нелаев В.В., Стемпицкий В.Р. Учебное пособие «Технологическое проектирование интегральных схем. Программа SSUPREM IV». Мн. БГУИР. 2004. 102 с.
8. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Ч.1. Технологические основы изготовления кремниевых интегральных микросхем и их моделирование. Под ред. Чаплыгина Ю.А. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
9. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г. Основы нанoeлектроники. - Новосибирск.: НГУ, 2000г.
10. Воробьев Л.С., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А., Шик А.Я. Оптические свойства наноструктур.- Санкт-Петербург.: Наука, 2001г.
11. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М. ЛБЗ. 2004.
12. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М., Наука, 1977.
13. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М., Энергия, 1976.
14. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов в 2-х книгах. - М., Мир, 1984.
15. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. – М., Сов. радио. 1972.
16. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М., Сов. радио, 1980.
17. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. – М., Сов. радио, 1977.
18. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. –М., Высшая школа, 1979.
19. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. – М., Радио и связь, 1983.
20. Валиев К.А., Раков А.В. Физические основы субмикронной литографии. – М., Радио и связь, 1984.
21. ТиллУ., Лаксон Дж. Интегральные схемы, материалы, приборы, изготовление. – М., Мир, 1985.
22. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. – М., Мир, 1985.
23. Бургер Р., Донован Р. Окисление, диффузия, эпитаксия. – М., Мир, 1969.
24. Киреев В.Ю., Данилин Б.С., Кузнецов В.И. Плазмохимическое и ионно-химическое травление микроструктур. – М., Радио и связь, 1983.
25. Колосницын Б.С. Элементы интегральных схем. Физические основы. – Мн.: БГУИР, 2001. – 138 с.
26. Абрамов И.И. Лекции по моделированию интегральных схем. Москва – Ижевск: НИЦ РХД, 2005. – 152 с.

27. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М.: ЛБЗ, 2004.

Программа одобрена на заседании научно-экспертного совета (НЭС, секция НТС) АО «НПП «Исток» им. Шокина» (протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.)

Председатель НЭС, д.ф.-м.н., с.н.с.

\_\_\_\_\_ А.И. Панас